

Forscher Winnewisser, Terahertz-Teleskop am Gornergrat (Schweiz)*: Handgefertigte Einzelstücke in alle Welt

KARSTEN SCHÖNE (L.); UNI KÖLN (R.)

PHYSIK

Splitternackt auf dem Monitor

Eine geheimnisvolle Strahlung hält die Physiker in Bann: Allgegenwärtig und doch kaum nachweisbar strahlen die Terahertz-Wellen im Frequenzbereich zwischen Infrarotlicht und Mikrowellen. Nun sollen sie die Krebsvorsorge verbessern und die Flughäfen sicherer machen.

Entladungen knallten wie Schüsse. Es knatterte blau am Messapparat. Lange Blitze fuhren knisternd die Wand entlang. Irgendwo blickte ein rotes Licht, einem Auge gleich, still und drohend in den Raum, und eine Phiole in Joachims Rücken füllte sich grün. Dann beruhigte sich alles; die Lichterscheinungen verschwanden, und Joachim ließ seufzend den Atem aus. Es war geschehen.“

Mit diesen Worten schildert Thomas Mann in seinem Roman „Der Zauberberg“ die geheimnisvolle Technik der „Lichtanatomie“ mit Hilfe der damals gerade entdeckten Röntgenstrahlen. „Andacht und Schrecken“ erfüllten den Helden Hans Castorp, so heißt es bei Mann weiter, als er das Herz in der Brust seines Vetters Joachim schlagen sah. „Jawohl, jawohl, ich sehe“, sagte er mehrmals. „Mein Gott, ich sehe!“

Hundert Jahre, nachdem Wilhelm Conrad Röntgen für die Entdeckung der nach

ihm benannten Strahlen den Nobelpreis erhielt, lässt sich das Staunen des Dichters kaum noch nachvollziehen. Röntgenapparate sind fast so normal geworden wie Passbildautomaten. Doch ähnlich wie damals versetzt derzeit eine neue Strahlenart die Fachwelt in Staunen: Terahertz-Wellen, auch T-Rays genannt.

Die Szene gemahnt durchaus an den „Zauberberg“: Stickig ist die Luft im Untergeschoss des Jefferson Lab in Newport News (Virginia). Schwärme von Elektronen rasen lichtschnell durch den luftleeren Raum im Bauch eines etwa zehn Meter langen Beschleunigers. Gwyn Williams justiert einen starken Magnet. Er steuert dabei die von den Elektronen abgestrahlte Energie in eine unerforschte Region der Physik.

Gebannt starrt Williams auf die Anzeige eines Bolometers, einer Art Fieberthermo-

meter, das die unsichtbaren Kräfte misst. Nächtelang, monatelang, jahrelang hat er auf diesen Moment hingearbeitet. Nun endlich schlagen die Instrumente aus.

Sehen, hören, riechen kann er den Phantomstrahl nicht. Nur Zahlenreihen fließen über die Computermonitore. Sie vermelden eine Terahertz-Strahlung von 20 Watt – hunderttausendfach intensiver als je ein Strahl dieser Art zuvor. „Endlich haben wir bewiesen, dass es geht“, jubelt Williams. „Seit zwölf Jahren träume ich davon!“

Letzten Donnerstag veröffentlichte er gemeinsam mit fünf Kollegen seine Daten im Wissenschaftsmagazin „Nature“. „Ein solcher Strahl wurde noch nie hergestellt“, heißt es in einem Begleitartikel; die Forschergruppe habe „die Tür zu neuen Forschungen und Anwendungen geöffnet“.

Derer gibt es viele: Fachleute erhoffen sich von der Terahertz-Strahlung Durchbrüche bei der Suche nach Wasser im All

* Im Hintergrund das Matterhorn.

und der Warnung vor Milzbrand-Erregern, bei der Messung des Ozonlochs und dem Erkennen von Hautkrebs, bei der Entwicklung von Medikamenten und dem Schutz vor Terroristen im Flugverkehr.

„Die Aufsätze zu diesem Thema vermehren sich im Moment exponentiell“, sagt Daniel Middleman, Professor an der Rice University im texanischen Houston, der gerade den ersten umfassenden Sammelband zum Thema herausgebracht hat.

Die Welt wirkt seltsam unverhüllt, wenn Terahertz-Visionär Paul Smith sie mit dem neuartigen Licht beleuchtet: Hält er ein Buch unter den Terahertz-Strahl, so kann er den Text durch den geschlossenen Buchdeckel hindurch entziffern. Bestrahlt er einen Arm mit ihnen, so kann er unter bestimmten Bedingungen auf dem Monitor erkennen, wo Hautkrebs wuchert.

Die Kollegen scheuen sich mittlerweile, in den Strahl zu treten, denn dann stehen sie auf dem Monitor splinternackt da: Wie Röntgenstrahlen durchdringen auch Terahertz-Strahlen Textilien, doch dringen sie nicht bis zu Herz und Knochen vor, sondern nur in die oberste Hautschicht. Keramik-Messer und Plastiksprengstoff zeichnen sich klar und deutlich auf dem Bildschirm ab.

„T-Ray ist unglaublich vielseitig“, schwärmt Smith, Mitarbeiter der Firma Teraview, die vergangenes Jahr aus dem



GREG ADAMS / DOE'S JEFFERSON LAB

Terahertz-Forscher Williams

„Seit zwölf Jahren träume ich davon“

Toshiba-Labor in Cambridge ausgegründet wurde. „Ständig stolpern wir durch Zufall über neue Anwendungsbereiche.“

Im Juli stellte Teraview den weltweit ersten kommerziellen und bislang kleinsten Terahertz-Laser vor: ein Hightech-Monstrum mit den Dimensionen eines Kühlschranks und dem Preis eines Einfamilienhauses. „Wir hoffen, das Gerät in den nächsten Jahren bis auf die Größe einer Fernbedienung schrumpfen zu können“, verkündet Smiths Mitarbeiter Michael Pepper.

Angesichts der plötzlichen Euphorie verblüfft, dass die Wissenschaft erst heute,

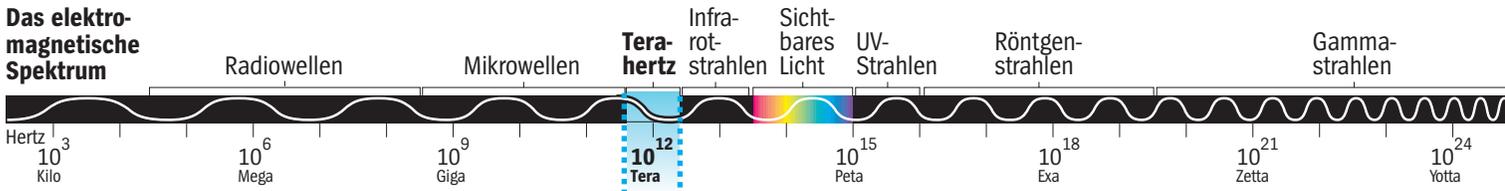
über hundert Jahre nach Röntgens Entdeckung, auf breiter Front in den Terahertz-Bereich vordringt. „Seit langem ist fast das gesamte Wellenspektrum komplett erschlossen“, sagt Gisbert Winnewisser von der Universität Köln. „Nur an einer Stelle klafft bis heute die so genannte Terahertz-Lücke.“ Der banale Grund: Herstellung und Messung von Terahertz-Strahlen waren bislang sehr aufwendig und teuer.

Terahertz-Wellen liegen in einem schmalen Niemandsland zwischen Mikrowellen und sichtbarem Licht – eingeklemt zwischen zwei gut erschlossenen Bereichen des Wellenspektrums: Sie sind etwas kurzwelliger als jene Strahlen, die in Mikrowellenherden oder Funknetzen verwendet werden, und etwas langwelliger als Infrarotstrahlung, die von jedem heißen Gegenstand abgestrahlt wird, die aber auch zum Fernbedienen von Fernsehern dient (siehe Grafik).

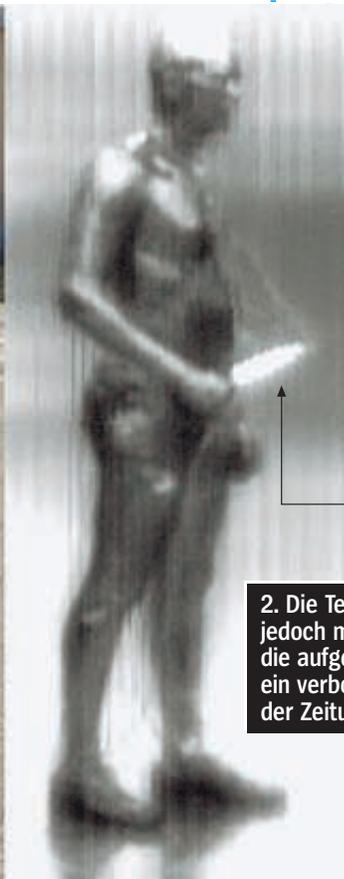
Terahertz-Strahlen gibt es nicht erst, seit sie künstlich hergestellt werden. Sie sind vielmehr allgegenwärtig. Denn jeder Gegenstand strahlt sie ab – jeder Mensch, jeder Stein, selbst der schwarze Punkt am Ende dieses Satzes. Doch meist sind diese natürlichen Strahlen geradezu aberwitzig schwach – weit unter einem Millionstel Watt pro Quadratzentimeter.

Nur wenige verstehen sich so gut wie Winnewisser auf die Kunst, die schatten-

Das elektromagnetische Spektrum



1. Die gewöhnliche Kamera sieht nur das Äußere.



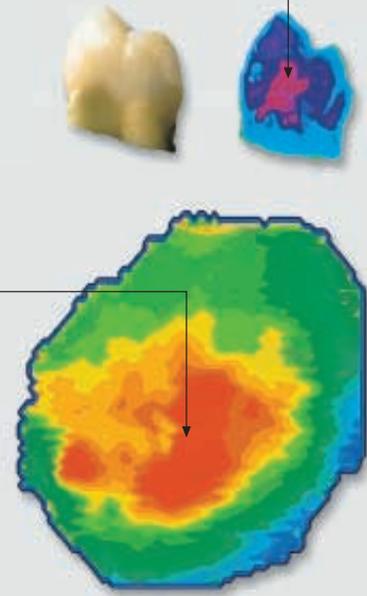
2. Die Terahertz-Kamera jedoch macht sichtbar, dass die aufgenommene Person ein verborgenes Messer in der Zeitung trägt.

Durchblick mit Terahertz-Strahlen

Hilft bei der Diagnose von äußerlich nicht sichtbarer Karies (pink).

Macht Hautkrebs sichtbar (rot), ohne dass eine Gewebeprobe entnommen werden müsste.

Dringt durch Kleidung und Papier.



SPL/AGENTUR FOCUS

DER SPIEGEL

hafte Strahlung aufzufangen. Seit seiner Promotion vor 40 Jahren tastet er sich mit seinen Messgeräten beharrlich von unten an die Terahertz-Grenze heran. Heute messen seine Spektroskope im Bereich von 900 Gigahertz (0,9 Terahertz). Es handelt sich um handgefertigte Meisterstücke zu Preisen von bis zu 2,5 Millionen Euro. Ihre Betriebstemperatur muss ständig auf fast 270 Grad Celsius unter Null gehalten werden.

Sternwarten und Raumfahrtbehörden in aller Welt verwenden die Einzelstücke, darunter auch die Nasa. Vor allem Sterne, die im Temperaturbereich unter 5000 Grad Celsius liegen, senden vergleichsweise intensive Terahertz-Signale aus. Winnewissers Wellenfänger wiesen bereits Wasserdampf in den Sonnenflecken nach und halfen bei der Erforschung von Supernova-Explosionen: „Mit unseren Kameras filmen wir Wiege und Sterbebett der Sterne“, sagt Winnewisser.

Das plötzlich erwachte Interesse wurde vor allem durch eine wichtige Innovation entfacht: die Erzeugung und Messung von Terahertz-Wellen mit Hilfe von Halbleiterelementen. Wenn die neuartigen Laser und Detektoren erst zu Standardbauteilen wie in der Computertechnik geworden sind, so die Hoffnung, purzeln auch die Preise, und es öffnet sich ein riesiger Markt.

Rund hundert Forschergruppen weltweit liefern sich derzeit einen Wettlauf in die Terahertz-Welt. Für besonderes Aufsehen sorgte dabei ein Team mit dem ambitionierten Namen „Star Tiger“: Elf Wissenschaftler aus sieben Ländern erhielten von der europäischen Raumfahrtbehörde Esa den Auftrag, eine Terahertz-Kamera zu entwickeln, die klein genug sein sollte, um Platz auf Satelliten zu finden. Nicht mehr als vier Monate hatten sie Zeit dafür.

Die Esa versteht das mit 650 000 Euro vergleichsweise billige Projekt auch als Vorbild für zukünftige Forschungsarbeiten: schnell, flexibel, persönlich. Chris Mann, einer der Väter des Projekts, lud interessierte Wissenschaftler zu einem Vorstellungsgespräch auf einen Landsitz in der Nähe von Oxford. Als die Auserwählten im Juni ihren Dienst antreten wollten, fanden sie zunächst nur leere Schreibtische und in Kartons verpackte Rechner vor – das gemeinsame Einrichten war als gruppenspezifisches Erlebnis gedacht. Danach ging es erst einmal für zwei Tage an die malerische Küste von Cornwall – um einen Arbeitsplan

zu entwerfen, Kanu zu fahren und zu surfen.

Offenbar bewährte sich die Gruppendynamik auch bei der Arbeit. Schon bald präsentierte die Gruppe einen Ein-Pixel-Sensor, der Zeile um Zeile eine menschliche Hand erkennen konnte, die hinter einem Stapel Papier verborgen war. Am 5. Oktober erklärten die Sternentiger ihre Aufga-

verstanden ist. Möglicherweise haben die Krebszellen einen anderen Feuchtigkeitsanteil als gesunde, und die Terahertz-Kamera zeigt einfach den Wasseranteil der Hautflecken, ähnlich wie bei Sonnenflecken im All.

Auch Karies lässt sich auf Terahertz-Bildern klarer und schonender erkennen als auf Röntgenbildern. Bevor die neuen

Geräte jedoch in Arztpraxen auftauchen, müssen sie klinisch erprobt werden.

Reif für den Großhandel dagegen sind die Strahlen schon heute: Ein Terahertz-Blick genügt, um zu erkennen, wie hoch der Fett- und Muskelanteil einer Ladung Rindfleisch ist; oder um die genaue chemische Zusammensetzung einer Ladung Tomaten zu messen und so festzustellen, ob sie schon überreif sind. Apotheken könnten erkennen, ob ein Medikament durch den Transport unbrauchbar geworden ist, ohne die Verpackung zu öffnen; und Postangestellte könnten



Forscher Smith (2. v. r.), Kollegen: Wettrennen in die Terahertz-Welt

briefe auf tödliche Milzbrand-Erreger untersuchen, ohne sie zu berühren.

Wie tief greifend die neue Technik in den Alltag vordringen wird, lässt sich bislang nur ahnen. Die meisten Bürger dürften die erste Erfahrung mit der neuen Technik beim berührungslosen Sicherheitscheck machen. „Wir haben bereits erste Tests am Flughafen durchgeführt“, sagt Stephen Cooke von der britischen Firma Quinetiq. „Die meisten Passagiere ziehen den Terahertz-Scan vor, statt sich von Sicherheitsleuten abtasten zu lassen.“ Weiterer Vorteil: Das T-Ray-Gerät schlägt auch bei nichtmetallischen Waffen und bei Plastiksprengstoff Alarm.

Noch könnte ein klitschnasses Hemd den Terablick auf den nackten Körper abblocken. Doch spätestens mit dem neuen, in „Nature“ beschriebenen Terawatt-Strahler dürften die Spannerstrahlen auch nasse Kleidung mühelos durchdringen. Binnen eines halben Jahres, so der Physiker Williams, könne er den zehn Meter langen Teilchenbeschleuniger durch ein Tischgerät ersetzen.

Damit wäre die neue Technik endgültig handlich, leistungsfähig und dezent: T-Rays machen fast alles sichtbar – nur nicht sich selbst.

Genau das könnte sich allerdings auch als Nachteil erweisen. Denn die T-Ray-Durchleuchtung eignet sich auch als perfektes Spitzelinstrument, mit dem sich etwa Briefe lesen lassen, ohne sie zu öffnen – der Empfänger erfährt davon nichts.

be dann für gelöst. Inzwischen sind sie längst wieder in alle Winde zerstreut.

Einst wird ein auf dieser Arbeit basierendes Gerät an Bord eines Satelliten seinen Blick auf den Sternenhimmel richten – und für Astronomen höchst aufschlussreiche Bilder zur Erde funken. „Anhand dieser Signale kann ich von vielen Objekten die Zusammensetzung der Oberfläche bestimmen“, schwärmt der Physiker und Buchautor Mittleman über die so genannte Terahertz-Spektroskopie. Denn die Wellenlänge befindet sich mit rund einem zehntel Millimeter genau in der Größenordnung, in der auch viele der winzigen chemischen Bausteine schwingen, wobei sie ihren „Fingerabdruck“ aussenden, ähnlich wie ein Radiosender seine typische Erkennungsmelodie.

Die größten Überraschungen erlebten die Forscher, als sie darangingen, die chemischen Fernerkundungstechniken auch auf den alltäglichen Nahbereich zu richten. Hier liegt womöglich die größte Stärke der neuen Wellen, die wie geschaffen scheinen, um winzige Veränderungen in lebenden Zellen zu erkennen.

Hautkrebs zum Beispiel lässt sich bislang nicht eindeutig diagnostizieren, ohne das verdächtige Gewebe herauszuschneiden (Biopsie) und im Labor zu untersuchen. Im Lichte künstlicher Terahertz-Wellen betrachtet wird das Geschwür so klar erkennbar, als wäre es mit einem bunten Kontrastmittel eingefärbt – ein überraschender Effekt, der noch nicht vollends

HILMAR SCHMUNDT